

All-Union Scientific Research  
Institute Of Scientific  
and Technological Problems  
Information in Construction  
(VNII Information of Gosstroy of USSR)

**Achievements of Leading Teams in Construction**

Information Bulletin

No. 6 1989

Moscow

UDK 69.001.8

The results of the tests of several thousand reinforced concrete and prestressed commercial structural members and laboratory samples were studied at the Central Research Institute TSNIIPromzdaniy. The strength safety of the reinforced concrete and prestressed structural members and factors determining this safety were analyzed. A proposal was made of an estimation of the strength safety enabling to use the data on the strength test results of structural members and materials (reinforcement and concrete). A considerable, and in some cases, decisive effect of the character of distribution of applied forces along the structural members on their strength safety were studied.

The proposals have been developed on specifying the strength safety of the reinforced and prestressed concrete structural members and on the design of bending members with a predetermined strength safety level (taking into account the probability of failure along both normal and inclined cross section). The realization of these proposals as applied to the mass-production structural members (floor and roof slabs) makes it possible to reduce the consumption of steel for the tension reinforcement by 8-10%.

Author: Dr. N.Ya. Sapozhnikov  
Scientific editor: A.A. Kovalev

USSR State Committee of Construction

STRENGTH SAFETY OF PRECAST AND PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE  
STRUCTURAL MEMBERS

Statistical characteristics of test results of commercial structural prestressed flexural members with high strength bars as prestressed reinforcement designed according to Russian building code, produced and tested at the Russian plants by specialized organizations.

Name of structural members	Type of loading	Failure mode with the volume of sampling			Statistical characteristics of ratios $M_{fail}^{test}/M_{des}$ ; $V_{fail}^{test}/V_{des}$			Probability $P(M_{fail}^{test} > M_{des})$ or $P(V_{fail}^{test} > V_{des})$		Minimum value of ratio $M_{fail}^{test}/M_{des}$ or $V_{fail}^{test}/V_{des}$ for sampling
		F	C	S	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Safety factor $\beta$	$P_{theor}$	
1. Core slabs with bar prestressed reinforcement										
a. Grade AIV	1	379			1.7742	0.3142	0.177	2.46	0.9930	
b. Grade AtV	1	514			1.800	0.3542	0.1963	2.15	0.9877	
c. Total sampling	1		27		1.587	0.192	0.1209	3.06	0.9988	1.14
				21	1.518	0.2418	0.1592	2.14	0.9838	1.1
II. Flat slabs	2		26			2.22				1.52
	1	146			1.9535	0.4317	0.2209	2.21	0.9864	
				4						1.6
	2			22	2.16					1.44
III. Ribbed slabs with prestressed reinforcement										
a. Grade AIIIb	1	125			1.528	0.2027	0.1326	2.6	0.9953	
b. Grade AIV	1	156			1.82	0.3878	0.213	2.11	0.9825	
c. Grade AtV	1	58			1.68	0.22	0.1309	3.09	0.9989	
Total sampling			19		1.72					
				40	1.7575	0.608	0.345	1.25	0.8944	1.39
IV. Rafter beams	1	32			1.625	0.35	0.2152	1.79	0.9633	1.44
			80		1.69	0.2406	0.1423	2.87	0.9979	1.22
				24	1.6125	0.2195	0.1361	2.79	0.9973	1.07
										1.18

## Remarks to Table 12

## I. Types of loading -

1. Equally distributed loads

2. Equally distributed loads plus two concentrated forces at the quarters of span from supports.

## II. Failure modes - 1. F - flexural failure

2. C - compressive failure

3. S - shear failure.

III.  $M_{fail}^{test}$ ,  $V_{fail}^{test}$  - values of experimental failure bending moments and shear forces.IV.  $M_{des}$ ,  $V_{des}$  - estimations of factored bending moments and shear forces, i.e. required flexural and shear strength according to the Russian building code.V.  $\beta$  - strength safety factor derived from the assumption of normal distribution of the density of probability of ratios $M_{fail}^{test}/M_{des}$ ,  $V_{fail}^{test}/V_{des}$ .VI.  $P(M_{fail}^{test} > M_{des})$ ;  $P(V_{fail}^{test} > V_{des})$  - strength safety estimations derived from the assumption of normal distribution of the density of probability of ratios  $M_{fail}^{test}/M_{des}$ ,  $V_{fail}^{test}/V_{des}$ . AIIIb, AIV, AtV - Russian Grades high strength bar reinforcement with the minimum conventional yield strength point (0.2% offset) 5500 kgf/cm<sup>2</sup> (78600 psi), 6000 kgf/cm<sup>2</sup> (85700 psi) and 8000 kgf/cm<sup>2</sup> (114500 psi) correspondently.

The statistical characteristics of the ratio  $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$  derived from the test results of the laboratory-made and commercial reinforced concrete columns.  $P_{des}^{SNiP}$  – estimation of the capacity of compressed members according to the Russian building code.

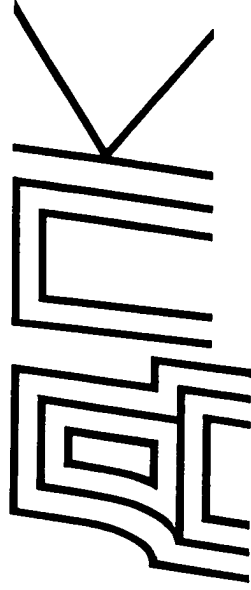
Sampling	Volume of sampling	Statistical characteristics of the ratio $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$			Probability $P(P_{fail}^{test} > P_{des}^{SNiP})$		
		Average	Standard	Coefficient of variation	$\beta$	$P_{theor}$	$P_{emp}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Laboratory made samples							
A. Axially loaded members with Dimensions greater than 20x20cm	250	1.420	0.2710	0.1908	1.540	0.9382	0.9760
B. Eccentrically loaded members							
Total set	119	1.482	0.4810	0.3238	1.000	0.8413	0.8821
Members with the $\zeta \leq \zeta_R$ (flexural mode of failure)	303	1.293	0.4720	0.3650	0.620	0.7324	0.7662
Members with the $\zeta > \zeta_R$ (compressive Mode of failure)	308	1.654	0.4430	0.2680	1.475	0.9300	0.9885
Influence of the scale factor							
Members less than 30x30, 25x35cm	441	1.508	0.5390	0.3574	0.942	0.8270	0.8620
Members greater than 30x30, 25x35cm	170	1.429	0.3800	0.2659	1.130	0.8708	0.9346
Influence of relative eccentricity							
$e_0/h \leq 0.166$	170	1.445	0.3433	0.2375	1.300	0.9032	0.8760
$0.166 < e_0/h \leq 0.5$	248	1.442	0.4134	0.2866	1.070	0.8577	0.9222
$e_0/h > 0.5$	193	1.586	0.6690	0.4218	0.875	0.8092	0.8340
Influence of the slenderness effect							
$l/h \leq 10$	434	1.510	0.4437	0.2938	1.150	0.8749	0.9300
$10 < l/h \leq 20$	69	1.492	0.5150	0.3451	0.955	0.8302	0.9248
$l/h > 20$	108	1.383	0.6500	0.4699	0.590	0.3224	0.6800
Commercial axially loaded columns							
Produced by the Moscow plants	111	1.716	0.3413	0.1988	2.1	0.9821	0.9729

Remarks to Table 24

1.  $\beta$  - strength safety factor derived from the assumption about normal distributions of the density of probability of the ratio  $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$ .
2.  $P_{theor}$  – theoretical estimation of the probability derived from the assumption about normal distributions of the density of probability of the ratio  $P_{fail}^{test}/P_{des}^{SNiP}$ .
3.  $P_{emp}$  – empirical estimation of probability.

УДК 69.001.8

ВСЕСОЮЗНЫЙ  
НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ИНСТИТУТ  
ПРОБЛЕМ  
НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКОГО  
ПРОГРЕССА  
ИНФОРМАЦИИ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
(ВНИИТПИ)  
ГОССТРОЯ СССР



Издаётся с 1989 г.  
8 выпусков в год

Достижения  
передовых  
коллективов  
в строительстве

Информационный  
сборник

На основании изучения результатов испытаний нескольких тысяч железобетонных натурных конструкций заводского изготовления и лабораторных образцов в ЦНИИпромздания Госстроя СССР проведен анализ надежности железобетонных конструкций и определяющих ее факторов. Предложена оценка надежности, позволяющая использовать значительную информацию об изменчивости прочностных свойств конструкций и материалов - арматуры и бетона. Установлено значительное, а в ряде случаев определяющее влияние характера распределения действующих усилий по длине элемента на его надежность.

Разработаны предложения по нормированию надежности железобетонных конструкций и по расчету изгибаемых конструкций с заданным уровнем надежности (с учетом вероятности отказа и по нормальным и по наклонным сечениям). Реализация этих предложений применительно к наиболее массовым конструкциям - плитам покрытий и перекрытий открывает возможность снижения расхода стали на продольное армирование на 8-10 %.

Автор: канд.техн.наук Н.Я.Сапожников

Научный редактор: А.А.Ковалев

Ответственный за выпуск: В.Н.Козырева

© ВНИИТПИ Госстроя СССР, 1989

6'89

МОСКВА 1989

# НАДЕЖНОСТЬ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИИ ПО ПРОЧНОСТИ

## ВВЕДЕНИЕ

Введение.....	3	Материалоемкость железобетонных конструкций в значительной степени определяется требуемым уровнем их надежности. Однако действующими в СССР и ряде других стран полурезультатными методами расчета этих конструкций нормируется только надежность расчетных оценок прочностных свойств материалов - жор - мативных сопротивлений арматуры и бетона. Надежность конструкций не нормируется. На основании многолетней практики проектирования, изготовления и применения железобетонных конструкций их надежность вполне обоснованно считается удовлетворительной. При этом предполагается, что рассчитанные на прочность по одним и тем же прочностным характеристикам арматуры и бетона различные конструкции равнонадежны.
Оценка надежности изгибаемых элементов по прочности нормальных сечений по результатам испытаний натурных конструкций и лабораторных образцов.....	39	Однако надежность железобетонных конструкций зависит не только от надежности расчетных сопротивлений материалов, но и от ряда других факторов, в числе от распределения усилий по длине элемента, в результате чего получается широкий спектр оценок надежности. Наличие этого спектра оценок, удовлетворительность которых подтверждается практикой, позволяет поставить вопрос о резервах материалоемкости, связанных с неравнонадежностью конструкций. Такая постановка задачи возможна на основе нормирования надежности конструкций, а не только расчетных оценок прочности арматуры и бетона.
Анализ надежности прочности нормальных сечений.....	53	Нормирование надежности железобетонных конструкций может быть реализовано на базе анализа оценок фактических уровней надежности для различных групп конструкций и анализа факторов, определяющих надежность.
Превышение требуемой площади сечения арматуры на стадии проектирования.....	54	
Повышение проектной площади сечения арматуры при заменах диаметров в производственных условиях.....	56	
Влияние эпюры моментов на надежность изгибаемых элементов по нормальным сечениям, 64	64	
Надежность изгибаемых элементов по прочности наклонных сечений .....	71	
Надежность центрально и внецентренно сжатых железобетонных элементов .....	87	
Нормирование надежности железобетонных конструкций .....	103	
Расчет изгибаемых элементов с заданным уровнем надежности.....	112	
Заключение .....	122	
Использованная литература.....	125	

Результаты испытаний изгибаемых преднапряжений  
конструкций заводского изготовления со стержневой рабочей арматурой

Наименование конструкций	Характер нагружения	Вид разрушения (объём выборки, шт.)			Среднее $\bar{C}$	Стандарт $\sigma(C)$	Коэффициент вариации $C_v(C)$	Вероятность $P(C > I)$		Примечания
		из-за текущей рабочей арматуры	по бетону сжатой зоны	по наклонному сечению				t	P теор.	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Многopустотный настил с рабочей арматурой класса А-IV А <sub>T</sub> -У по всей выборке	p.p.x)	379			1,7742	0,3142	0,177	2,46	0,9930	
		514			1,8000	0,3542	0,1968	2,15	0,9877	
			27		1,587	0,192	0,1209	3,06	0,9988	C <sub>min</sub> =1,14
				21	1,518	0,2418	0,1592	2,14	0,9838	C <sub>min</sub> =1,1
	p.p.+2p <sup>xx)</sup>		26		2,22					C <sub>min</sub> =1,52
Плоские плиты	p.p.	146			1,9535	0,4317	0,2209	2,21	0,9864	
				4						C <sub>min</sub> =1,6
	p.p.+2P			22	2,16					C <sub>min</sub> =1,44

Продолжение табл. 12

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Плиты ребристые с рабочей арматурой класса: АШ-В А-IV А <sub>T</sub> -У по всей выборке  в том числе: плит покрытий $\ell = 6$ м с рабочей арматурой класса: АШ-В, А-IV  плит $\ell = 12$ м с рабочей арматурой класса А-Ш В  плит перекрытий	p.p.	125			1,528	0,2027	0,1326	2,6	0,9953	
		156			1,82	0,3878	0,213	2,11	0,9826	
		58			1,68	0,22	0,1309	3,09	0,9989	
			19		1,72					C <sub>min</sub> =1,39
				40	1,7575	0,608	0,345	1,25	0,8944	C <sub>min</sub> =1,46
		60			1,5618	0,1865	0,1194	3,01	0,9986	
		28			1,6678	0,2687	0,1611	2,48	0,9934	
				4						C <sub>min</sub> =1,4
		50			1,4856	0,1620	0,109	3,0	0,9986	
				3						C <sub>min</sub> =1,75
Балки стропильные	p.p.	53			1,69	0,2653	0,1569	2,6	0,9960	
				17	1,503					C <sub>min</sub> =1,62
		32			1,626	0,35	0,2152	1,79	0,9633	C <sub>min</sub> =1,22
			80		1,69	0,2406	0,1423	2,87	0,9979	C <sub>min</sub> =1,07
				24	1,6125		0,1361	2,79	0,9973	C <sub>min</sub> =1,18

x) Равномерно распределенная нагрузка.

xx) Равномерно распределенная нагрузка плюс две силы у опор.



Надежность расчета центрально и внецентренно сжатых  
элементов из тяжелого бетона

Выборка	Объем выборки, шт.	Характеристика выборки			Вероятность $P(C > I)$		
		среднее значение $\bar{C}$	стандарт $\sigma(C)$	коэффици- ент вари- ации $C_v(C)$	$t$	$P_{теор.}$	$P_{эмп.}$
I	2	3	4	5	6	7	8
Центрально сжатые элементы							
Элементы сечением менее 20x20 см (полная выборка):							
с учетом масштабного коэффициента 0,9	576	1,66	0,3	0,1807	2,19	0,9857	0,99826
без учета масштабного коэффициента	576	1,49	0,3	0,2013	1,64	0,9495	-
Элементы сечением менее 20x20 см с арматурой классов: А-III - А-I							
с учетом масштабного коэффициента 0,9	439	1,605	0,3	0,1869	2,03	0,9788	0,9977
без учета масштабного коэффициента	439	1,445	0,3	0,2076	1,49	0,9319	-

Продолжение табл. 24

I	2	3	4	5	6	7	8
Элементы сечением более 20x20 см	250	1,42	0,271	0,1908	1,54	0,9382	0,976
Полная выборка	826	1,59	0,312	0,1962	1,88	0,9699	0,9915
Внецентренно сжатые элементы							
Полная выборка	611	1,482	0,481	0,3238	1,0	0,8413	0,8821
Элементы с $\xi \leq \xi_R$	303	1,293	0,472	0,365	0,62	0,7324	0,7662
Элементы с $\xi > \xi_R$	308	1,654	0,443	0,268	1,475	0,93	0,9885
Выборка с 1955 г.	329	1,511	0,536	0,3547	0,953	0,829	0,8815
Влияние масштабного фактора:							
элементы сечением $\leq 30x30, 25x35$ см	441	1,508	0,539	0,3574	0,942	0,827	0,862
элементы сечением $> 30x30, 25x35$ см	170	1,429	0,38	0,2659	1,13	0,8708	0,9346
Влияние эксцентриситетов:							
$e_o/h \leq 0,166$	170	1,445	0,3433	0,2375	1,3	0,9032	0,876
$0,166 < e_o/h \leq 0,5$	248	1,442	0,4134	0,2866	1,07	0,8577	0,9222
$e_o/h > 0,5$	193	1,586	0,669	0,4218	0,875	0,8092	0,834